

EFEKTIVITAS DAUN DAN BUAH *Pinus merkusii* SEBAGAI BAHAN PENGAWET ANTI JAMUR *Auricularia auricula-judae*

Effectiveness of Pinus merkusii Leaves and Fruits as Antifungal Preservative Auricularia auricula-judae

Andi Sindy Wahyuni Arista¹, A. Agussalim¹, Ira Taskirawati¹✉

¹Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan KM, 10 Makassar
✉corresponding author: tasqirawati@unhas.ac.id

ABSTRACT

Chemicals such as chromium, arsenic, and kreosot which are carcinogenic and toxic which are harmful to health and the environment are generally used in wood preservatives. Thus, natural preservatives from plant extracts need to be developed to replace these synthetic preservatives. Pine leaves and nuts are known to contain phenolic compounds in which these compounds are known to inhibit the cycle and development of fungi. The purpose of this study was to analyze the efficacy of powdered leaves and pine nuts (*P. merkusii*) against rotting fungus *Auricularia auricula-judae*. This research method uses testing for water content, the extract is made by means of fruit and leaf powder each as much as 150 g is put into a beaker containing 900 ml of methanol solution with a ratio of 1:6 powder and methanol solvent, soaked for $\pm 3 \times 24$ hours, filtered until the filtrate is clear, and evaporated with a rotary vacuum evaporator. After that, the extract was evaporated again in a water bath at 45°C for 48 hours to dry. The yield is then weighed and calculated. Preparation of leaf and fruit powder concentrations. At concentrations of 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm and 100 ppm. The efficacy test of *P. merkusii* leaf and fruit powder against rot fungi consisted of five treatments, with 45 petri dishes as samples and each treatment consisted of five replications. The results of the research that had been carried out obtained an AFA value of 100% indicating that the powdered leaves and fruit of *P. merkusii* had antifungal activity which was included in the very strong classification. At a concentration of 25% powdered leaves and pine nuts can already inhibit the growth of the fungus *Auricularia auricula-judae*.

Key words: *Pinus merkusii*, leaves and fruit, extracts, natural preservatives, and mushrooms

A. PENDAHULUAN

Kayu yang memiliki tingkat keawetan rendah mudah terkena serangan organisme perusak kayu, seperti jamur. Kayu jadi lebih rentan terkena organisme perusak kayu apabila kondisi lingkungan mendukung, seperti kadar air kayu di atas 20%, tersedia oksigen yang cukup dan suhu berkisar antara 15 sampai 45°C (Broda, 2020). Oleh sebab itu, kayu dengan kondisi seperti ini perlu diawetkan. Dalam proses pengawetan kayu sendiri perlu menggunakan bahan pengawet beracun untuk organisme perusak kayu (Lempang dan Suhartati, 2013). Namun, sebagian besar pengawet yang tersedia secara komersial saat ini berasal dari bahan kimia sintetik (Yunianti, dkk., 2017). Sementara itu, bahan pengawet sintetik diketahui dapat berdampak buruk pada kesehatan dan juga lingkungan, serta dapat berpengaruh negatif terhadap organisme dan serangga menguntungkan (Syafii, 2000; Abudulai, dkk., 2001). Seperti halnya *Chromated Copper Arsenate* (CCA) yang merupakan bahan pengawet sintesis, bahan pengawet ini dikenal efektif dalam memperpanjang usia pakai kayu,

namun penggunaannya kini dilarang karena mengandung senyawa beracun yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan (Hadi, dkk., 2005).

Kandungan senyawa beracun yang terdapat pada bahan pengawet sintesis menyebabkan beberapa peneliti mencoba mengembangkan bahan pengawet dari bahan alami, seperti dari tumbuhan. Bagian tumbuhan seperti daun, kayu, buah dan kulit, diketahui memiliki kandungan senyawa kimia yang disebut zat ekstraktif di mana senyawa ini dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan pengawet (Jemi, dkk., 2018). Beberapa diantara bahan pengawet alami anti jamur tersebut diperoleh dari ekstrak kulit kayu medang hitam (Batubara, dkk., 2008), ekstrak daun tanaman tembelekan (Safitri, dkk., 2014), ekstrak kayu meranti (Jemi, dkk., 2013), dan ekstrak daun sindur (Sudarmadi, dkk., 2013). Selain itu, sejumlah penelitian bahan pengawet alami lainnya juga diuji efektivitasnya terhadap organisme perusak rayap, seperti ekstrak kulit kayu akasia (Pujirahayu, dkk., 2015), dan ekstrak akar tuba (Astuti, 2016) dan daunnya (Hidayatullah, dkk., 2017).

Meskipun telah dilakukan sejumlah penelitian

mengenai bahan pengawet alami tersebut, namun hingga kini industri pengawetan kayu masih belum dapat lepas dari bahan pengawet berbasis kromium, arsenik dan kreosot walaupun penggunaannya dibatasi (MarketsandMarkets, 2021). Hal tersebut dikarenakan oleh adanya jaminan ketersediaan bahan pengawet kimia tersebut dalam jumlah yang besar selama proses produksi berlangsung. Sementara itu, bahan pengawet alami dari ekstrak tanaman belum mampu memenuhi kebutuhan industri. Oleh karena itu, eksplorasi terhadap bahan alami yang berpotensi menjadi bahan pengawet masih perlu dilakukan agar suatu saat dapat dikembangkan secara industri dan menggeser bahan pengawet sintetis.

Salah satu jenis tanaman yang diduga memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai pengawet kayu alami untuk dimanfaatkan zat ekstraktifnya adalah daun dan buah *Pinus merkusii*. Ekstrak daun pinus mengandung senyawa alelokimia seperti fenol, terpenoid, dan flavonoid (Cahyanti, dkk., 2015). Sebagaimana diketahui, senyawa fenol dapat menghentikan siklus sel pada jamur sehingga menghambat pertumbuhan sel jamur, dan fenol juga mengakibatkan kerusakan pada mitokondria (Pebriani, dkk., 2013; Novianti, 2019). Selain itu, pinus juga memiliki potensi yang cukup besar dan ia tumbuh secara homogen sehingga daun dan buahnya yang berguguran kecil kemungkinan bercampur dengan tanaman lain.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka penelitian mengenai aktivitas anti jamur zat ekstraktif senyawa daun dan buah *P. merkusii* ini perlu dilakukan. Studi dilakukan untuk menentukan apakah potensi antifungi daun dan buah *P. merkusii* terhadap jamur pelapuk *Auricularia auricula-judae* dan mendapatkan konsentrasi *P. merkusii* yang sesuai untuk menghambat pertumbuhan jamur *Auricularia auricula-judae*.

B. METODE

Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu *hammer mill*, ayakan ukuran 40-60 mesh, timbangan digital dengan ketelitian 0,01 g, oven, desikator, labu *erlenmeyer*, *rotary vacuum evaporator*, *funnel separator*, *hot plate*, cawan petri, *inkubator*, *laminar Air flow*, *autoclave*, *core borer*, spidol, mikropipet dan kamera. Bahan yang digunakan adalah daun dan buah pinus kering, plastik c-tik, kertas saring, aluminium foil, aquades, jamur pelapuk putih, MEA (*Malt Extract Agar*), dan metanol.

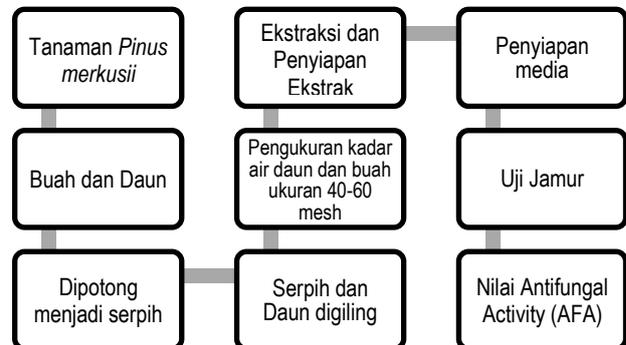
Prosedur Penelitian

Studi ini dilakukan dengan serangkaian proses dan urutan sebagaimana yang diperlihatkan dalam Gambar 1.

Pengambilan dan Persiapan Bahan Baku

Daun dan buah pinus diperoleh dari Hutan Pinus Malino, Kecamatan Tinggimoncong, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. Kedua bahan tersebut dipotong menjadi

serpih dan dikeringkan selama 2 hari pada suhu kamar 25-30°C. Serpih digiling menggunakan *hammer mill* menjadi serbuk. Serbuk kemudian masing-masing diayak dengan saringan berukuran 40-60 *mesh* sehingga bahan siap untuk diekstraksi.



Gambar 1. Operasional alur umum studi

Perhitungan Kadar Air Bahan

Sebelum proses ekstraksi, terlebih memastikan kandungan air yang terdapat pada serbuk daun dan buah pinus. Kadar air ini digunakan untuk menyeragamkan berat awal bahan yang diekstrak, sehingga dapat diketahui berat hasil dari setiap ekstraksi. Prosedur penentuan kadar air dilakukan berdasarkan Manuhuwa (2007), dengan tahapan sebagai berikut: daun dan buah pinus diambil sebanyak 2 gram (m_0) setara kering tanur dengan masing-masing 3 kali ulangan ditimbang untuk menghitung kadar air basah, dibungkus dengan kertas aluminium foil dan dioven selama 5 jam dengan suhu $103 \pm 2^\circ\text{C}$. Setelah dioven, sampel dimasukkan ke dalam desikator selama ± 15 menit. Berat sampel ditimbang dan dicatat kembali. Setelah itu, dilakukan kembali pengovenan dengan waktu yang lebih singkat (setiap 2 jam), dilanjutkan penimbangan berat contoh uji tersebut sampai konstan (berat kayu kering tanur/BKt). Kadar air ditentukan dengan rumus:

$$KA = \frac{M_0 - M_1}{M_1} \times 100 \quad (1)$$

Dimana, KA adalah kadar air (%), M_0 adalah berat awal contoh uji (gram), dan M_1 adalah berat contoh uji kering tanur (gram).

Pembuatan Ekstrak Daun dan Buah Pinus Merkusii

Metode ekstraksi menggunakan metode maserasi yang merujuk pada penelitian Ibrahim dan Sitorus (2013). Masing-masing serbuk buah dan daun pinus dimasukkan kedalam gelas kimia sebanyak 150 g dan ditambahkan 900 ml larutan methanol, dengan perbandingan 1:6 antara serbuk dan pelarut metanol. Serbuk direndam selama $\pm 3 \times 24$ jam, setelah itu disaring dengan kertas saring sampai filtrat yang diperoleh jernih dan dianggap semua zat ekstraktif yang terkandung dalam masing-masing

serbuk telah diekstrak secara maksimal. Larutan hasil filtrat yang telah diperoleh kemudian diuapkan dengan menggunakan alat *rotary vacuum evaporator*. Ekstrak kemudian masing-masing diuapkan kembali di *waterbath* dengan suhu 45°C selama 48 jam sampai ekstraknyanya kering. Kemudian ditimbang, dan ditentukan rendemennya.

Rendemen ekstrak dihitung menggunakan rumus:

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{Jumlah berat ekstrak berupa pasta (g)}}{\text{Jumlah berat kering (g)}} \times 100 \quad (2)$$

Pembuatan konsentrasi ekstrak daun dan buah berdasarkan perbandingan antara berat ekstrak dengan pelarut metanol (Wang dkk, 2005), pada konsentrasi 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm dan 100 ppm. Konsentrasi ekstrak dihitung menggunakan cara, misalnya kita akan membuat konsentrasi 25 ppm sebanyak 30 g, Maka perhitungannya yaitu 25 g ekstrak dibagi dengan 10⁶ dan dikali dengan 30 g larutan. Hasil yang didapat kemudian ditambah dengan metanol sampai beratnya 30 g.

Pengujian Efikasi Ekstrak Daun dan Buah *Pinus merkusii* Terhadap Jamur Pelapuk

Pengujian ekstrak daun dan buah pinus ini terdiri atas lima perlakuan dengan masing-masing perlakuan terdiri atas lima kali ulangan dengan total sampel 45 cawan petri, yaitu sebagai berikut:

Perlakuan 1: Ekstrak daun pinus dengan konsentrasi 25 ppm.

Perlakuan 2: Ekstrak daun pinus dengan konsentrasi 50 ppm.

Perlakuan 3: Ekstrak daun pinus dengan konsentrasi 75 ppm.

Perlakuan 4: Ekstrak daun pinus dengan konsentrasi 100 ppm.

Perlakuan 5: Ekstrak buah pinus dengan konsentrasi 25 ppm.

Perlakuan 6: Ekstrak buah pinus dengan konsentrasi 50 ppm.

Perlakuan 7: Ekstrak buah pinus dengan konsentrasi 75 ppm.

Perlakuan 8: Ekstrak buah pinus dengan konsentrasi 100 ppm.

Perlakuan 9: Kontrol tanpa penambahan ekstrak.

Tahapan pada kegiatan pengujian ekstraksi adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan media MEA. Tahapan ini menggunakan prosedur seperti pada pembuatan pembiakan jamur pelapuk. Media *malt ekstrak agar* (MEA) adalah media yang digunakan dalam pembiakan jamur pelapuk. Cara pembuatan media adalah dengan mencampurkan *malt ekstrak* 48 g/l aquades ke dalam labu *erlenmeyer*, kemudian media tersebut diputar dan dipanaskan diatas *hotplate*. Setelah media menjadi homogen media tersebut dimasukkan ke dalam *autoclave* dengan suhu 120±2°C selama 15 menit

dengan tekanan 1,5 ATM. MEA dikeluarkan dari *autoclave*, media kemudian didiamkan hingga bersuhu ±40°C sebelum ditambahkan ekstrak buah dan daun pinus.

2. Penambahan ekstrak daun dan buah pinus pada media MEA. Media yang telah disterilisasi dituangkan ke dalam cawan petri dalam *inkubator laminar Air flow*, disegel dengan plastik wrap dan didiamkan sampai media tersebut dingin. Prosedur yang digunakan pada tahapan ini adalah menambahkan 2 ml ekstrak daun atau buah pinus ke dalam 20 ml MEA ke dalam cawan petri kemudian dibiarkan mengeras. Sementara itu, untuk media kontrol tidak perlu dilakukan penambahan bahan ekstraktif.
3. Persiapan cawan Petri. Pada tahapan ini, bagian cawan petri diberi garis untuk memudahkan menghitung panjang hifa (Gambar 2).



Gambar 2. Pembuatan garis pada cawan petri

1. Setelah media pada cawan petri mengeras, dilakukan inokulasi jamur pada setiap cawan petri. Jamur ditempatkan pada bagian tengah cawan petri.
2. Pengamatan terhadap sampel. Setiap hari dilakukan pengukuran panjang hifa jamur. Jika jamur yang terdapat pada media kontrol telah mencapai tepi cawan petri, maka kegiatan pengamatan pada media lain juga dihentikan. Selanjutnya dilakukan pengukuran panjang hifa. Pada akhir masa inkubasi, pertumbuhan jamur diukur dan dibandingkan dengan pertumbuhan jamur pada media kontrol.

Selanjutnya dihitung nilai indeks anti jamur dengan menggunakan rumus (Mori, dkk., 1997):

$$\text{Indeks Anti Jamur} = \frac{100 (DK - DJ)}{DK} \quad (3)$$

Dimana, DJ adalah luas jamur pada cawan petri perlakuan dan DK adalah jamur ada media kontrol.

Nilai indeks anti jamur diklasifikasikan ke dalam tabel aktivitas antijamur (Tabel 1).

Analisis Data pada Percobaan Jamur

Analisis data yang digunakan dalam pengujian jamur yaitu analisis perbandingan indeks anti jamur antara

sampel.

Tabel 1. Aktivitas anti jamur (AFA)

Indeks Anti Jamur	Tingkat Aktivitas
75% < AFA	Sangat kuat (++++)
50% < AFA ≤ 75%	Kuat (++++)
25% < AFA ≤ 50%	Sedang (++)
0% < AFA ≤ 25%	Lemah (+)
0%	Tidak aktif (-)

Sumber: (Mori, dkk., 1997).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Ekstrak Daun dan Buah *Pinus merkusii*

Penelitian ini diawali dengan pembuatan ekstrak daun dan buah pinus yang nantinya digunakan untuk mengetahui keefektifan kedua bahan ini sebagai anti jamur. Hasil rendemen pembuatan ekstrak ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rendemen serbuk daun dan buah pinus

Hasil	Daun	Buah
Berat serbuk awal (g)	150	150
Berat ekstrak (g)	28,37	12,96
Rendemen (%)	0,19	0,09
Warna	coklat keabu-abuan	coklat emas
Waktu perendaman	15 x 24 jam	

Berdasarkan Tabel 2, rendemen zat ekstraktif dari buah lebih kecil (0,09%) dibandingkan dengan zat ekstraktif daun (0,19%). Kandungan bioaktif tanaman ditunjukkan dengan nilai rendemen yang tinggi (Nurhayati dkk, 2009; Dewastisari, 2018). Waktu perendaman yang dibutuhkan sampai hasil rendaman benar-benar jernih adalah 12 x 24 jam untuk buah dan 15 x 24 jam untuk daun. Hasil lebih tinggi ketika waktu ekstraksi lebih lama karena bahan dan pelarut memiliki lebih banyak waktu untuk bereaksi, sehingga meningkatkan kemampuan pelarut untuk menembus sel bahan dan menyebabkan peningkatan jumlah senyawa yang berdifusi keluar (Budiyanto, 2015; Mardina, 2019). Penelitian ini menunjukkan bahwa waktu ekstraksi berpengaruh terhadap rendemen yang dihasilkan.

Salah satu senyawa yang dapat terlarut pada pelarut metanol adalah flavonoid. Flavonoid dapat larut dalam pelarut metanol karena flavonoid bersifat polar. Hal ini sesuai dengan pernyataan Marisa (1990) bahwa senyawa fenolik dapat menghambat transpor ion Ca^{+2} dan PO_4 , menghilangkan kontrol respirasi mitokondria, serta menghambat dan menonaktifkan pertumbuhan hipokotil. Larutan fenolik juga dapat memperlambat aktivitas hormon giberelin dan menghentikan enzim amilase, proteinase, lipase, dan urease. Perbedaan warna pada ekstrak daun dan buah pinus juga disebabkan karena perbedaan jumlah flavonoid yang terkandung dalam ekstrak tersebut.

Aktivitas Anti Jamur

Pengujian aktivitas anti jamur dilakukan dengan menggunakan jamur pelapuk *Auricularia auricula-judae* dengan rentang waktu pengujian hingga miselium jamur yang terdapat di media kontrol mencapai tepi cawan petri. Pada penelitian ini, untuk sampel kontrol, dibutuhkan waktu 8 hari (Gambar 3) dari sejak inokulasi jamur pada cawan petri sampai jamur mencapai tepi cawan petri. Sementara itu, pada pengamatan hari ke-8, tidak satupun dari sampel yang diberikan perlakuan penambahan ekstrak daun maupun buah pinus pada berbagai konsentrasi menunjukkan adanya pertumbuhan miselium jamur (Gambar 4). Bahkan, sampai hari ke-12, tidak ada tanda-tanda pertumbuhan miselium. Penentuan aktivitas anti jamur berdasarkan nilai indeks pada jamur (Mori dkk., 1997) disajikan pada Tabel 3.

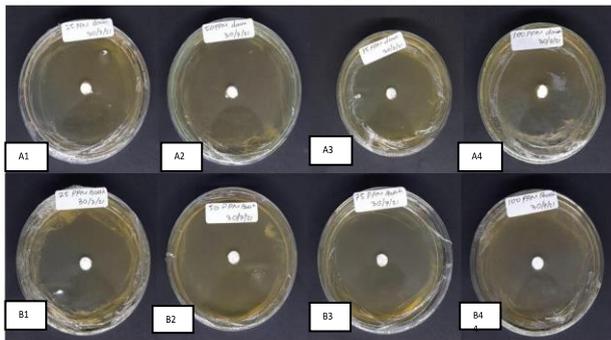


Gambar 3. Sampel yang diinokulasi dengan jamur tanpa diberikan perlakuan penambahan ekstrak daun dan buah pinus pada media tumbuh

Tabel 3. Rerata aktivitas anti jamur (AFA) *Auricularia auricula-judae* pada media yang diberi perlakuan penambahan ekstrak daun dan buah pinus

Bahan Baku ekstrak	Konsentrasi (ppm)	Rerata AFA (%)	Tingkat Aktivitas
Daun	25	100	Sangat kuat (++++)
	50	100	Sangat kuat (++++)
	75	100	Sangat kuat (++++)
	100	100	Sangat kuat (++++)
Buah	25	100	Sangat kuat (++++)
	50	100	Sangat kuat (++++)
	75	100	Sangat kuat (++++)
	100	100	Sangat kuat (++++)

Jamur tidak bisa tumbuh di media yang mengandung ekstrak daun dan buah pinus karena memiliki kandungan senyawa alelopati pada *Pinus merkusii* antara lain pinene dan tanin. Senyawa pinene yang masuk ke dalam sel akan segera mengalami oksidasi sehingga mempengaruhi metabolisme sel. Selain pinene dan tanin, *P. merkusii* juga mengandung senyawa bioaktif yaitu terpenoid, dan flavonoid (Arifin, dkk., 2018). Senyawa pinene dapat berdampak pada sistem metabolisme tanaman, yaitu dapat mengganggu fungsi sel. Menurut Arifin, dkk (2018) senyawa fenol golongan flavonoid adalah memiliki efek sebagai zat anti jamur.



Gambar 4. Media dengan penambahan ekstrak daun atau buah pinus pada berbagai konsentrasi yang diinokulasi dengan jamur *Auricularia auricula-judae* pada hari ke-7. [A1: ekstrak daun 25 ppm, A2: ekstrak daun 50 ppm, A3: ekstrak daun 75 ppm, A4: ekstrak daun 100 ppm, B1: ekstrak buah 25 ppm, B2: ekstrak buah 50 ppm, B3: ekstrak buah 75 ppm dan B4: ekstrak buah 100 ppm].

Terpenoid, seperti steroid dan triterpenoid merupakan zat bioaktif yang memiliki sifat antijamur. Senyawa-senyawa ini dapat menghambat pertumbuhan jamur, baik melalui membran sitoplasma maupun mengganggu pertumbuhan dan perkembangan spora jamur (Natta, dkk., 2008). Berkurangnya komponen makromolekul mengakibatkan terhambatnya sintesis protein dan protoplasma (Yuliani, 2000). Akibatnya, pembelahan dan pemanjangan sel terhambat.

Senyawa pinene beroperasi melalui organel yang dikenal sebagai sitokrom, khususnya sitokrom P 450, yang bekerja sama dengan sitokrom b5, yang berdekatan dengan sitokrom P 450. Sitokrom ini terletak pada perbatasan permukaan luminal dinding sel dengan permukaan sitoplasma (Marisa, 1990). Natta, dkk (2008), menyatakan bahwa mekanisme penghambatan senyawa terpenoid masih belum diketahui dengan jelas. Adanya zat terpenoid yang memiliki sifat hidrofobik atau lipofilik dapat menyebabkan gangguan proton sel jamur, koagulasi sel, dan kerusakan membran sitoplasma. Sehingga berakibat pada hifa jamur yang tidak berkembang dan tumbuh dengan baik.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan temuan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa serbuk daun dan buah Pinus merkusii memiliki aktivitas antijamur yang tergolong sangat kuat dan memiliki nilai AFA 100%. Pada konsentrasi 25% ekstrak daun dan buah pinus sudah dapat menghambat pertumbuhan jamur *Auricularia auricula-judae*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abudulai, M., Shepard, B. M. dan Mitchell, P. L. (2001) "Parasitism and predation on eggs of *Leptoglossus phyllopus* L. (Hemiptera: Coreidae) in cowpea: Impact of endosulfan sprays," *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 18(2), hal. 105–115.
- Arifin, Z., Khotimah, S., dan Rahmayanti, S. (2018). Aktivitas Antijamur *Perennial*, 18(2): 60-65, 2022
- Ekstrak Etil Asetat Daun Mangga Bacang (*Mangifera foetida* L.) terhadap *Candida albicans* secara In Vitro Program Studi Kedokteran, FK UNTAN Program Studi Biologi, FMIPA UNTAN Departemen Mikrobiologi, Program Studi Kedokteran, FKU. *Jurnal Cerebellum*, 4(3), 1106–1119.
- Astuti, I. W., dan Ngadianto, A. (2016). Efektifitas Ekstrak Akar Tuba (*Derris* Sp.) sebagai Bahan Pengawet Alami pada Proses Pengawetan Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) Untuk Mencegah Serangan Rayap Kayu Kering (*Cryptotermes Cynocephalus* Light.). [Http://Etd.Repository.Ugm.Ac.Id/Penelitian/Detail/101570](http://Etd.Repository.Ugm.Ac.Id/Penelitian/Detail/101570).
- Batubara, R., Rosamah, E. dan Budiarmo, E. (2008) "Identifikasi Sifat Ekstrak Kulit Kayu Medang Hitam (*Cinnamomum porrectum* Roxb) Sebagai Bahan Pengawet Kayu," *Jurnal Kehutanan Tropika Humida*, hal. 74–84.
- Budiyanto, A. (2015). Potensi Antioksidan, Inhibitor Tirosinase, dan Nilai Toksisitas dari Beberapa Spesies Tanaman Mangrove di Indonesia. Bogor: Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Broda, M. (2020) "Natural compounds for wood protection against fungi—A Review," *Molecules*, 25(15), hal. 1–24. doi: 10.3390/molecules25153538.
- Cahyanti, L. D., Sumarni, T. dan Widaryanto, E. (2015). Potensi Alelopati Daun Pinus (*Pinus Spp.*) sebagai Bioherbisida Pra Tumbuh Pada Gulma Krokot (*Portulaca oleracea*).
- Hadi, Y.S., Westin, M., Rasyid., E. (2005). Resistance of Furfurylated Wood to Termite Attack. *Jurnal Hasil Hutan. ISSN: 0015-7473 EISSN: 2376-9637*, 55 (11 Nov 2005), hal. 85.
- Hidayatullah, S., Rizaldy, A. A., Gracia, H., Syahidah. (2017). Efikasi Ekstrak Daun Tuba sebagai Anti Rayap Alami. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 15(2), hal. 167–174.
- Ibrahim, S. dan Sitorus, M. 2013. Teknik Laboratorium Kimia Organik. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Jemi, R., Syafii, W., Febrianto, F. dan Hanafi, M. (2013). Aktivitas Antijamur 2,3-hydroxyoctadecanoic acid. Dari Kayu Palepek Baringin (*Shorea laevis* Ridl). *Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia*, 79–83. <https://www.researchgate.net/publication/274634278>
- Jemi, R., Syafii, W., Ferbianto, F. dan Hanafi, M. (2018). Sifat Anti Jamur Kayu Kupa (*Syzygium polycephalum* (Mig)). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kayu Tropis*, 8(2), 93–108.
- Lempang, M., dan Suhartati. (2013). Potensi Pengembangan Cempedak Pada Hutan Tanaman Rakyat Ditinjau dari Sifat Kayu dan Kegunaannya. *Info Teknis EBONI*, 10(2), 69-83.
- Manuhwa, E. (2007). Kadar Air dan Berat Jenis pada Posisi Aksial dan Radial Kayu Sukun (*Artocarpus communis*, J.R dan G.Fresh)," *Jurnal Agroforestri*, 2(1), hal. 49–55.
- MarketsandMarkets. (2021). Wood Preservatives Market by Formulation (Water-Based, Oil-Based, Solvent-Based), Application (Residential, Commercial, Industrial), and Region (North America, APAC, Europe, South America, Middle East And Africa) - Global Forecast to 2025. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/wood-preservative-market-26944487.html> Diakses 27 November 2021.
- Marisa, H. (1990). Pengaruh Ekstrak Daun Pinus (*Pinus merkusii* Jungh. et de Vriese) terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.). Tesis Pasca Sarjana Biologi. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Mori, M., Aoyama, M., Doi, S., Kanetoshi, A., dan Hayashi, T. (1997). Antifungal Activity of Bark Extracts Of Conifers. *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, 55, 130–132.

<https://doi.org/10.1007/BF02716394>

- Natta, L., Orapin., Krittika dan Pantip. (2008). Essential Oil from Zingiberaceae for Anti Food- Borne Bacteria. *International Food Research Journal*. 15, (3), 337-346.
- Novianti, D. (2019). Toksisitas Ekstrak Daun Srikaya (*Annona squamosa* Linn.) Terhadap Jamur *Fusarium* sp. *Sainmatika*. 16(2). 130–136. doi: <https://10.31851/sainmatika.v16i2.3247>
- Pebriani. Linda, dan R. Mukarlina. (2013). Potensi Ekstrak Daun Sembung Rambat (*Mikania micrantha* H.B.K) Sebagai Bioherbisida terhadap Gulma Maman Ungu (*Cleome ruidosperma* D.C) dan Rumput Bahia (*Paspalum notatum* Flugge). *Jurnal Protobiont* 2 (2) : 23-38.
- Pujirahayu, N., Uslinawati, Z. dan Hadjar, N. (2015) "Pemanfaatan Tanin Kulit Kayu Akasia Untuk Pengawetan Jati Putih (*Gmelina arborea*) Terhadap Rayap Tanah (*Coptotermes curvignathus holmgren*)," *Jurnal Ecogreen*, 1(1), hal. 29–36.
- Safitri, R., Hapid, A., dan Erniwati. (2014). Efektivitas Bahan Pengawet Alami Dari Tanaman Tembelekan (*Lantana Camara* L) Pada Beberapa Jenis Kayu Terhadap Serangan Rayap Tanah (*Coptotermes* Sp.). *Warta Rimba*, 2(2), 141–148.
- Sudarmadi, B., Diba, F. dan Yanti, H., (2013). Antifungal activity of extract sindur wood oil (*Sindora wallichii Benth*) against the *Schizophyllum commune Fries fungi*. *Hutan Lestari*, 1(2), pp. 190–198. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- Syafii, W. (2000). Zat ekstraktif kayu damar laut (*Hope* spp) dan pengaruhnya terhadap rayap kayu kering *Cryptotermes cynocephalus* Ligh. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan*, 13(2), hal. 1–5. Tersedia pada: <https://sinta.kemdikbud.go.id/authors/detail?page=4&id=259401&view=documentsgs>.
- Wang, S. Y., Chen, P. F. dan Chang, S. T. (2005). Antifungal activities of essential oils and their constituents from indigenous cinnamon (*Cinnamomum osmophloeum*) leaves against wood decay fungi. *Bioresource Technology*, 96(7), hal. 813–818. doi: 10.1016/j.biortech.2004.07.010.
- Yuliani. 2000. Pengaruh Alelopati Kamboja (*Plumeria acuminata* W. T. Ait.) terhadap Perkecambahan Biji dan Pertumbuhan Kecambah *Celosia argentea* L.". *CHIMERA, Jurnal Biologi dan Pengajarannya*. Universitas Negeri Malang. Malang.
- Yunianti, A D., Taskirawati, I., Muin, M., Sanusi., Suhasman., Agussalim, A. (2017). Teknologi tepat guna peningkatan ketahanan kayu terhadap organisme perusak kayu untuk bahan baku kerajinan berkualitas. *Jurnal Dinamika Pengabdian* Vol. 3 No. 1 Oktober 2017 ISSN:, 3(1), hal. 45- 55. Universitas Hasanuddin: Makassar.